

## CFD 計算モデル用の凝縮伝熱相関式の検討

## Evaluation of Correlation in a CFD Model for Condensation Heat Transfer

\*村瀬 道雄<sup>1</sup>, 歌野原 陽一<sup>1</sup>, 細川 茂雄<sup>2,\*</sup>, 富山 明男<sup>2</sup><sup>1</sup>原子力安全システム研究所, <sup>2</sup>神戸大学, \*現: 関西大学

直径 49.5 mm の鉛直伝熱管内を下降する蒸気と空気の混合気体での凝縮伝熱を対象に、従来研究による拡散層モデルを用いてバルク（主流）での物理量を用いずに凝縮熱伝達率を近似計算できることを示した。

**キーワード:** 鉛直管, 蒸気・空気混合気体, 凝縮伝熱, CFD 用相関式

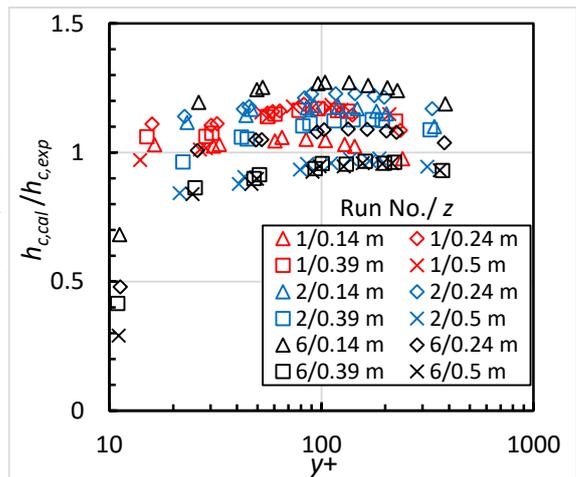
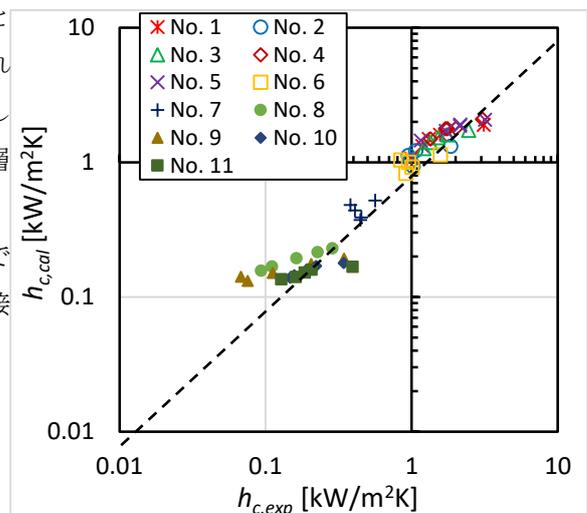
**1. 緒言** これまでに、直径 49.5 mm の鉛直伝熱管内を下降する飽和蒸気と空気の混合気体の半径方向温度分布を測定して熱流束の実験式を導出し[1]、凝縮熱伝達率  $h_c$  を求めて Liao and Vierow [2]による拡散層モデルに基づく相関式と一致することを確認した[3]。拡散層モデルではバルク（主流）と凝縮面での物理量を用いて  $h_c$  を計算するが、CFD 解析ではバルクの定義が困難な場合がある。そこで、本報では、CFD 計算モデルへの適用性を考慮して、主流での物理量を用いずに凝縮熱伝達率を評価して測定値と比較した。

**2. 評価の方法と結果** 実験の入口条件は、圧力が約 0.125 MPa、蒸気流量 0.74~5.9 g/s、空気流量 1.5~9.0 g/s（空気質量流量比 0.36~0.92）、混合気体レイノルズ数  $Re_{g,in} = 3600 \sim 25000$  である[1]。凝縮熱伝達率  $h_c$  の計算には Liao and Vierow [2]による拡散層モデルを使用した。なお、レイノルズ数  $Re_g$  やシャウツド数  $Sh$  の代表長さ  $L$  に  $2y$  ( $y$  は凝縮面からの距離) を使用し、 $y = R$  で  $L = 2R = d$  になるようにした。半径方向の温度測定点  $y^+$  と凝縮面 ( $y^+ = 0$ ) での物理量を用いて計算した  $h_{c,cal}$  と  $h_{c,exp}$  [3]の比を図 1 に示す。乱流境界層内での温度変化は小さいため、 $y^+ > 20$  での  $h_{c,cal}$  の変化は小さく、平均値に対する最大値と最小値は  $\pm 5\%$  であった。なお、 $h_{c,cal}$  は  $y^+ < 15$  で急に小さくなる。 $y^+ > 20$  での  $h_{c,cal}$  の平均値と  $h_{c,exp}$  の比較を図 2 に示す。 $h_{c,cal}$  は、 $h_{c,exp}$  に対して変化（流れ方向位置  $z$  の影響）が小さいが、全般的に  $h_{c,exp}$  とよく一致している。この結果は、 $y^+ > 20$  の任意点での物理量を拡散層モデルに適用して  $h_c$  を近似計算できることを示す。

**3. 結論** 拡散層モデルによる  $h_c$  の計算値  $h_{c,cal}$  は  $y^+ > 20$  でほぼ一様であり、CFD 解析での凝縮量評価では凝縮面に隣接するセルの寸法を  $y^+ > 40$  にすればよいことを示した。

## 参考文献

- [1] M. Murase, et al., 混相流, **33**(4), pp. 405-416, 2019.  
 [2] Y. Liao and K. Vierow, J. Heat Transfer, **129**, pp. 988-994, 2007.  
 [3] M. Murase, et al., 混相流, **34**(4), pp. 510-519, 2020.

\* Michio Murase<sup>1</sup>, Yoichi Utanohara<sup>1</sup>, Shigeo Hosokawa<sup>2,\*</sup>, Akio Tomiyama<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Nuclear Safety System, Inc., <sup>2</sup>Kobe University, \*Present affiliation: Kansai University図 1 温度測定点  $y^+$  で計算した  $h_{c,cal}$ 図 2 凝縮熱伝達率の計算値と測定値の比較 ( $z = 0.09, 0.14, 0.24, 0.39, 0.5$  m)